

## LIGHT EMITTING DIODE

Patent Number: JP1225178  
Publication date: 1989-09-08  
Inventor(s): MUROTANI TOSHIO  
Applicant(s): MITSUBISHI ELECTRIC CORP  
Requested Patent: ☐ JP1225178  
Application Number: JP19880051018 19880303  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H01L33/00  
EC Classification:  
Equivalents:

---

### Abstract

**PURPOSE:** To obtain a compound semiconductor light emitting diode having a low cost and a high efficiency by forming on an Si substrate a transparent conductive film through a semiconductor layer having a smaller band gap than that of a compound semiconductor in the diode.

**CONSTITUTION:** A P-type indium gallium arsenide (P-type InGaAs) layer 11 formed on a P-type  $\text{Al}_{0.35}\text{Ga}_{0.65}\text{As}$  layer 4 and having a smaller band gap than that of the layer 4, and a transparent conductive film 12 formed on the layer 11, such as an indium tin oxide ITO ( $\text{SiO}_2 + \text{In}_2\text{O}_3$ ) are provided. Thus, since the film 12 is formed through the layer 11 having the small band gap, the contact resistance of the film 12 with the layer 4 can be reduced, the sheet resistance of the whole layer 4 can be decreased, and a current concentration does not occur. Thus, a light emitting diode having a low cost and a high efficiency can be obtained.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - 12

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平1-225178

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成1年(1989)9月8日

H 01 L 33/00

A-7733-5F

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全3頁)

⑮ 発明の名称 発光ダイオード

⑯ 特 願 昭63-51018

⑰ 出 願 昭63(1988)3月3日

⑱ 発 明 者 室 谷 利 夫 兵庫県伊丹市瑞原4丁目1番地 三菱電機株式会社エル・エス・アイ研究所内

⑲ 出 願 人 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号

⑳ 代 理 人 弁理士 大岩 増雄 外2名

明 細 書

1. 発明の名称

発光ダイオード

2. 特許請求の範囲

n形シリコン基板、この基板上に設けられたn形化合物半導体層、このn形化合物半導体層上に設けられこれとpn接合を形成するp形化合物半導体層、このp形化合物半導体層上に設けられこのp形化合物半導体よりバンドギャップの小さい半導体層、およびこのバンドギャップの小さい半導体層上に設けられた透明導電膜を備えた発光ダイオード。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

この発明はシリコン(Si)基板上に形成された発光ダイオードに関するものである。

(従来の技術)

第2図は例えば文献 Applied Physics Letter 48巻23号ページ1617-1619(1986)に示された従来のSi基板上の発光ダイオードを示す断面図であり、

図において(1)はn-Si基板、(2)はこのn-Si基板(1)の主面上に形成されたn形ガリウムヒ素(n-GaAs)パツファ層、(3)はこのn-GaAsパツファ層(2)上に形成されたn形アルミニウムガリウムヒ素(n-Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As)層、(4)はこのn-Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As層(3)上に形成され、これとp-n接合を形成するp形アルミニウムガリウムヒ素(p-Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As)層である。また(5)はこのp-Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As層(4)上の一部に形成されたp形ガリウムヒ素(p-GaAs)領域、(6)はこのp-GaAs領域(5)上に形成されたp電極、(7)は上記n-Si基板(1)の裏面に形成されたn電極である。

従来の発光ダイオードは上記のように構成され、この発光ダイオードに順バイアスして電流を流すと、n-Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As層(3)からp-Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As層(4)に電子が注入される。この注入された電子とp-Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As層(4)内の正孔とが再結合し発光する。従つて発光波長はp-Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As層(4)のバンドギャップのエネルギーで決まる。

ところが、Si基板上に化合物半導体層を形成する場合に、Siと化合物半導体の熱膨張係数が異なる

り、化合物半導体の方が約2倍大きい。従つて化合物半導体の結晶成長温度(800℃~800℃)から室温に戻した時バイメタル効果でウェーハは反り、ウェーハ表面は凹面となる。すなわち化合物半導体層には引張り応力が働く。さらに化合物半導体は劈開性が強いのでこの引張り応力でこの層にクラックが発生しやすい。このクラックの問題のため、Si基板上に形成できる化合物半導体層の厚みに制限があり、この厚みが5μmを越えると非常にクラックが発生しやすくなる。

この厚みの制限のため第2図に示す発光ダイオードの構造における各層の厚みは、n-GaAs パツファ層(2)は0.2μm、n-Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>As 層(3)は1μm、p-Al<sub>0.35</sub>Ga<sub>0.65</sub>As 層(4)は3μmであり全体として4.2μmである。

〔発明が解決しようとする課題〕

上記のような従来の発光ダイオードでは、p-Al<sub>0.35</sub>Ga<sub>0.65</sub>As 層(4)の厚みを十分に大きくとることができないため、この層のシート抵抗を十分に低くすることができず、電流はp-電極(6)の近傍の

半導体層との接触抵抗を下げることができ、さらにp層全体のシート抵抗を下げることもできるため、電流集中現象が生じず、効率の高い発光ダイオードが得られる。

〔実施例〕

以下、この発明の一実施例を図について説明する。

第1図は上記実施例による発光ダイオードを示す断面図であり、図において、(1)乃至(4)は前記従来の発光ダイオードと同一のものであるため説明を省略する。(4)は前記p-Al<sub>0.35</sub>Ga<sub>0.65</sub>As 層(4)上に形成され、これよりバンドギャップの小さいp形インジウムガリウムヒ素(p-InGaAs)層、(5)はこのp-InGaAs 層上に形成された透明導電膜であり、例えばインジウムスズ酸化物(Indium Tin Oxide)ITO(SnO<sub>2</sub>+In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)である。また(6)は前記透明導電膜上に形成されたp電極、(7)は前記n-Si基板(1)の裏面に形成されたn電極である。

前記電流集中現象を避けるためにはp層のシート抵抗値として1Ω/□以下にする必要がある。

みを流れるいわゆる電流集中現象が起り、発光は主としてp-電極(6)の真下で起り、発光領域は電極の下に隠れてしまう。その結果、入力パワーに対する外部に取り出す光出力の割合、すなわち外部量子効率が低くなる問題があつた。

この発明は、かかる問題点を解決するためになされたもので、電流集中現象をなくして、外部量子効率の高い発光ダイオードをSi基板上に形成できるようにし、安価で高効率のSi基板上の発光ダイオードを得ることを目的としている。

〔課題を解決するための手段〕

この発明に係る発光ダイオードは、Si基板上のpn化合物半導体層上に、この化合物半導体よりバンドギャップの小さい半導体層を介して透明導電膜を形成したものである。

〔作用〕

この発明においては、Si基板上のpn化合物半導体発光ダイオードは、この化合物半導体よりバンドギャップの小さい半導体層を介して透明導電膜が形成されているので、透明導電膜とp形化合物

p-Al<sub>0.35</sub>Ga<sub>0.65</sub>As 層(4)の厚さを3μmとしてこの低いシート抵抗値を実現するためにはこのp層のキャリア濃度を10<sup>19</sup>/cm<sup>3</sup>以上と高濃度にする必要がある。しかし通常の結晶成長や拡散によつてこれを達成することは極めて困難である。

一方n形のAlGaAsの移動度はp形に比べ1桁以上高いので、pnを反転した構造すなわちp-Si基板上に順次p-AlGaAs、n-AlGaAsを形成してn on p形の発光ダイオードを作ればn形のドーピング濃度として10<sup>18</sup>/cm<sup>3</sup>でよく電流集中現象は避けられるように考えられるが、実際はp-Si基板とp-AlGaAs<sup>(4)</sup>界面近傍においてSi基板より化合物半導体AlGaAsにSiが自然にドーブされn形の層が形成されるためこの構造は実現困難である。

従つてSi基板上に化合物半導体の発光ダイオードを形成するためには、例えばITO(SnO<sub>2</sub>+In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)のような透明導電膜を上側に形成してp層のシート抵抗を下げるのが有効である。なぜかと云えば、ITOの抵抗率は通常ρ=10<sup>-4</sup>Ω・cmであるので、IPOの厚みが1μmの場合、シート抵抗は1Ω/□と

なり、この値は電流集中現象を避けるのに充分低い値であるからである。ところが、バンドギャップの大きいp-AlGaAsのような半導体に直接ITOを形成しても接触抵抗が高く、ITOからp-AlGaAsに電流は流れにくい。そこでp-AlGaAs上にこれよりバンドギャップのエネルギーが低いp-InGaAs層を形成すればこの接触抵抗を下げる事ができることを実験的に見出した。

このInGaAs層は発光した光を吸収するため、外部量子効率を下げてしまう。しかし、この層の厚さを100Å以下と極めて薄くすれば約90%の光は透過し実際に使用する上で何ら問題はない。

また、Si基板は熱伝導率が化合物半導体基板より高いため、放熱がよく、より高出力の発光ダイオードが得られやすい。

なお、上記実施例ではn-Si基板上的pn化合物半導体としてAlGaAsを用いた場合を示したが、AlGaInPやGaAsPであってもよく、上記実施例と同様の効果がある。

導体層、(4)はp形化合物半導体層、(11)はバンドギャップの小さい半導体層、(12)は透明導電膜である。

代理人 弁理士 大 岩 増 雄

また、上記実施例ではバンドギャップのエネルギーが小さい半導体層としてInGaAs層(11)を設けた場合について示したが、SiやGeさらにはInAsSbなどITOとの接触抵抗が低いかなる半導体材料でもよく、上記実施例と同様の効果がある。

#### (発明の効果)

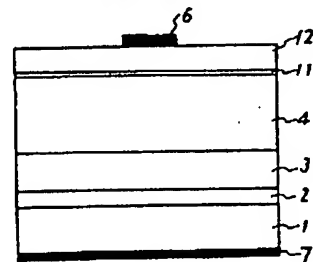
この発明は以上説明したとおり、Si基板上的化合物半導体発光ダイオードにこの化合物半導体よりバンドギャップの小さい半導体層を介して透明導電膜を形成したので電流集中現象がなく高効率の発光ダイオードを化合物半導体より安価なSi基板上に形成することができる。また、Si基板は熱伝導率が化合物半導体より高いため放熱がよく、より高出力の発光ダイオードが得られる効果がある。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図はこの発明の一実施例によるSi基板上的発光ダイオードを示す断面図、第2図は従来のSi基板上的発光ダイオードを示す断面図である。

図において(1)はn-Si基板、(3)はn形化合物半導体層

第1図



- 1: n-Si基板
- 3: n形化合物半導体層
- 4: p形化合物半導体層
- 11: バンドギャップの小さい半導体層
- 12: 透明導電膜

第2図

